

تعیین محل عیب شعاعی در سیم‌پیچ ترانسفورماتور قدرت با استفاده از آنتنهای فرایپهن باند و روش هذلولی

گئورگ قره‌پتیان
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

جواد ابراهیمی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مریم السادات اخوان حجازی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

واژه‌های کلیدی: امواج فرکانس بالا، آنالیز فرکانسی، خطوط انتقال، PLC، T-off

چکیده

ترانسفورماتورهای قدرت یکی از گرانترین اجزاء سیستم قدرت محسوب می‌شود. تشخیص به موقع خطاهای به وجود آمده در ترانس می‌تواند از خروج ناخواسته ترانس و تحمیل هزینه‌های تعمیر و خاموشی جلوگیری نماید. روشهای مونیتورینگ برخط نسبت به روشهای دوره‌ای مزیت‌های فراوانی دارند. در این مقاله، از آنتن‌های فرایپهن باند از نوع وبوالدی که برای اندازه‌گیری در محیطهای دارای چند مسیری مناسبند استفاده شده است و تحلیلها در حوزه زمان انجام می‌شود. پالسهای باریک ایجاد شده توسط فرستنده سیستم رادار UWB با استفاده از آنتنهای فرایپهن باند به سمت ترانس تابانده شده و بازتاب آن ذخیره می‌شود. برای افزایش کیفیت تشخیص عیب، از روش تعدد آنتن برای تشخیص محل عیب استفاده شده است. با استفاده از روش هذلولی محل دقیق عیب شعاعی تعیین شد. دقت این روش با آزمایشهای انجام شده بر روی سیم‌پیچ مدل تحقیق شد.

۱- مقدمه

مونیتورینگ برخط ترانسفورماتور از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا نه تنها از آسیب مستقیم به ترانسفورماتور و صدمات جانی پرسنل جلوگیری می‌کند بلکه از آسیبهای غیر مستقیم ناشی از قطع جریان انرژی و کاهش قابلیت اطمینان در سیستم قدرت جلوگیری می‌نماید [۱]. تاکنون برای انجام مونیتورینگ ترانسفورماتور به صورت در مدار روشهای مختلفی پیشنهاد شده است که در زیر به معایب هر کدام اشاره می‌شود.

روش آزمایش اتصال کوتاه که نیاز به اندازه‌گیری راکتانس اتصال کوتاه دارد و می‌تواند همزمان با بهره برداری از ترانس انجام پذیرد اما هیچ اطلاعاتی از نوع و محل عیب در اختیار نمی‌گذارد [۲].

روش تحلیل پاسخ فرکانسی با خروج سمت فشار ضعیف ترانس از مدار با وجود آنکه از این روش در مقالات به عنوان حالت در مدار نام برده شده [۳ و ۴] ولی تنها سمت

بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق

در این روش امواج الکترومغناطیسی توسط یک آنتن به سیم پیچ ترانس تابانده شده و امواج برگشتی از آن توسط همان آنتن دریافت می شود و این نتایج (پارامترهای پراکندگی) برای حالات سالم و معیوب در بانک اطلاعاتی ذخیره می شوند. سپس با مقایسه حالات سالم و معیوب می توان به ایجاد تغییر در سیم پیچی پی برد.

در ترانس به علت اینکه با یک سیستم ساکن سروکار داریم، در صورتی که بتوان اثر محیط انتشار موج را ثابت در نظر گرفت و یا رفتار آنرا پیش بینی نمود، می توان ادعا کرد که تغییر دامنه و فاز امواج برگشتی تنها تابع تغییر شکل در سیم پیچهای ترانسفورماتور خواهد بود [۸ و ۹].

برای رسیدن به یک راهکار عملی تر در تشخیص نوع و محل عیب، از آنتنهای UWB برای ارسال و دریافت پالس استفاده شد. می توان در حوزه زمان از امواجی با پهنای باند بسیار بالا که دارای رزولوشن فضایی بالایی باشند استفاده نمود. هر چه قدر امواجی که مورد استفاده قرار می گیرند دارای رزولوشن فضایی کوچکتر باشند، می توان تغییرات بیشتری را در حوزه زمان مورد بررسی قرار داد. تحلیل سیگنالهای برگشتی در حوزه زمان انجام شد.

۳- مفهوم سیستم های UWB

با توجه به استانداردهای وضع شده سیستم های UWB به سیستم هایی گفته می شود که پهنای باند نسبی به کار گرفته شده در آنها بیشتر از یک چهارم باشد یا پهنای باند آنها بیشتر از ۵۰۰ مگاهرتز باشد (شکل ۱)

پهنای باند نسبی توسط رابطه زیر تعریف می شود:

$$\frac{2(f_H - f_L)}{f_H + f_L} \quad (1)$$

فشار قوی در مدار باقی مانده و سمت فشار ضعیف ترانس از مدار خارج می شود. جهت مونیتورینگ ترانسفورماتور در این حالت ترانس از سمت فشار قوی به وسیله کلید قدرت قطع و وصل می شود.

روش تحلیل پاسخ فرکانسی با استفاده از اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از عملیات کلیدزنی یا برخورد صاعقه، اما این روش نیاز به تحقیق بر روی بسیاری فاکتورهای تأثیرگذار دیگر از قبیل برقگیرها، ساختارهای مختلف شبکه قدرت و ... را دارد و در صورت اتفاق نیفتادن حالت گذرا در زمان نیاز به مونیتورینگ، این عمل با وقفه روبرو می شود و زمان بندی مونیتورینگ در اختیار کاربر نخواهد بود [۵]. این روش در فاز تحقیقاتی است و هنوز برای هیچ ترانسفورماتوری به کار گرفته نشده است.

۲- کاربرد امواج الکترومغناطیسی برای تشخیص تغییر

شکل و جابجایی سیم پیچ ترانسفورماتور

در میان روش های تشخیص جابجایی سیم پیچ ترانسفورماتور، روشی که بتواند به صورت برخط به کار رود از اهمیت خاصی برخوردار است. هدف از این تحقیق توسعه روش جدیدی است که بتواند در کنار روشهای قبلی مثل تابع تبدیل برای تشخیص عیب استفاده شود. در سیستمهای مونیتورینگ جدید از انواع مختلف سنسور برای ثبت یک واقعیت استفاده می شود. در این سیستمها بر پایه همجوشی اطلاعات ۱ سنسورهای مختلف، وضعیت سیستم ارزیابی می شود [۶]. پیشنهاد استفاده از امواج الکترومغناطیسی برای تشخیص عیب سیم پیچی برای اولین بار در [۷] مطرح شده است.

روش الکترومغناطیسی ابتدا بر پایه استفاده از آنتنهای UHF برای ارسال و دریافت سیگنال و تحلیل سیگنالهای برگشتی در حوزه فرکانس توسعه داده شد.

¹ Information fusion

بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق

امکان تشخیص نوع هدف، به این دلیل که سیگنال دریافتی حامل اطلاعاتی از اجزای مختلف هدف علاوه بر اطلاعات کلی هدف می باشد.

افزایش پایداری مشاهده هدف به دلیل اینکه سیگنال بازگشتی از خود هدف و موانع دیگر، در فاصله های زمانی متفاوت به گیرنده رسیده و قابلیت جداسازی آنها بالا می رود.

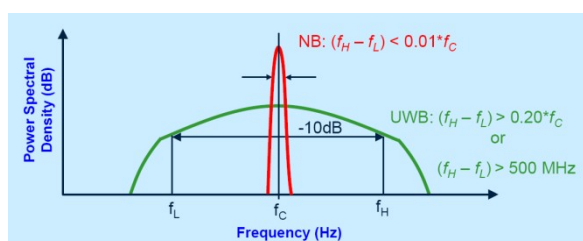
- بالا رفتن احتمال تشخیص هدف
- الگوی باریک برای آنتن ها
- بهبود مصونیت رادار در برابر سیگنال های پهنای باند باریک و نویز
- کاهش «منطقه مرده» برای رادار

۴- استفاده از رادار UWB برای تشخیص عیب سیم پیچ

ترانسفورماتور

این روش، امکان تشخیص عیوب مکانیکی ترانس را به صورت برخط و توسط یک دستگاه فرستنده و گیرنده امواج UWB فراهم می سازد. در این روش یک پالس UWB به طرف سیم پیچ ترانسفورماتور ارسال می شود. سیگنال داخل محیط (روغن ترانسفورماتور) منتشر شده و به هدف (سیم پیچ) برخورد می نماید. بخشی از انرژی از سیم پیچ بازتاب نموده که توسط دستگاه گیرنده دریافت، ذخیره و به کامپیوتر ارسال می گردد. با تجزیه و تحلیل امواج دریافتی تغییر شکل هندسی سیم پیچ ترانسفورماتور تشخیص داده می شود [۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵]. شکل ۲ کلیات روش مونیتورینگ با استفاده از سنسور UWB را نشان می دهد.

در رابطه فوق f_H فرکانس قطع $-10dB$ بالایی و f_L فرکانس قطع $-10dB$ پایینی است. علت استفاده از عدد $-10dB$ به جای مقدار $-20dB$ پایین بودن سطح توان سیستم های UWB و نزدیک بودن آنها به سطح نویز است که سبب می شود اندازه گیری فرکانس قطع $-20dB$ بسیار مشکل شود [۱۰].



شکل ۱: پهنای باند نسبی سیستم های باند باریک و باند پهن

سیستم های فرایهن باند (UWB)^۱ در سال های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. اگرچه از UWB به عنوان یک تکنولوژی جدید در مخابرات بی سیم یاد می شود، اما دارای سابقه ای طولانی است. سیستم های UWB مشابه سیستم های طیف گسترده در ابتدا در خدمات کاربردهای نظامی و رادار بودند. تا این که در فوریه سال ۲۰۰۲، کمیسیون فدرال مخابرات (FCC)^۲ در اولین گزارش خود در مورد سیستم های UWB استفاده تجاری از این تکنولوژی را برای محیط های خانگی و غیر خانگی مشروط به اعمال بعضی محدودیت های طیفی مجاز اعلام کرد [۸۷].

سیستم های UWB از پالس هایی با دقت زمانی بالا و پهنای زمانی کم، که در حوزه فرکانس گسترده شده اند استفاده می کنند. کاهش طول سیگنال در رادارهای UWB به ما توانایی های زیر را می دهد [۱۱]:

¹ Ultra Wideband

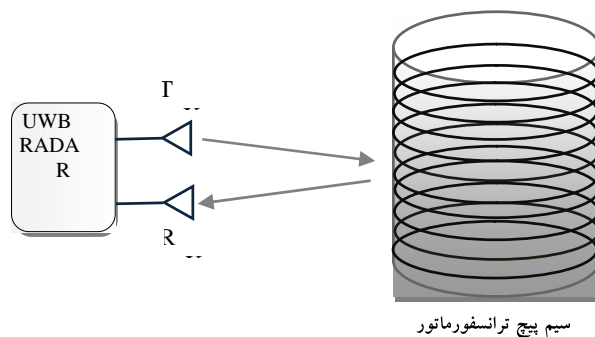
² Federal Commission of Communication

بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است این مدل از ۵ دیسک با لایه‌ای از مس تشکیل شده است. ابعاد مدل در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مساحت شیارهای ایجاد شده بر روی شبیه ساز

مدل سیم پیچ	پارامتر
۵	تعداد دیسک اصلی
۵	تعداد دیسک فاصله‌انداز
۳۰cm	قطر دیسک اصلی
۳۰cm	قطر دیسک فاصله‌انداز
۲cm	ضخامت دیسک اصلی
۰.۵cm	ضخامت دیسک فاصله‌انداز

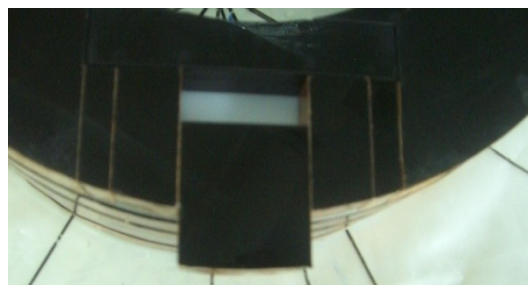


شکل ۲: کلیات روش مونیتورینگ با استفاده از سنسور UWB

برای مدل کردن تغییر شکل شعاعی، همانند مدل قبلی، قطع‌هایی با پهنای ۱، ۰.۵، ۲ و ۴ سانتی‌متر بر روی یکی از دیسک‌ها ایجاد شده است. در این مدل قطع‌ها قابلیت حرکت در بازه ۲.۵- سانتیمتر تا ۲.۵+ سانتیمتر را دارا می‌باشند.



(الف)



(ب)

شکل ۳: مدل سیم پیچ دو ترانس ب: نمای بالایی از قطع‌های مدل

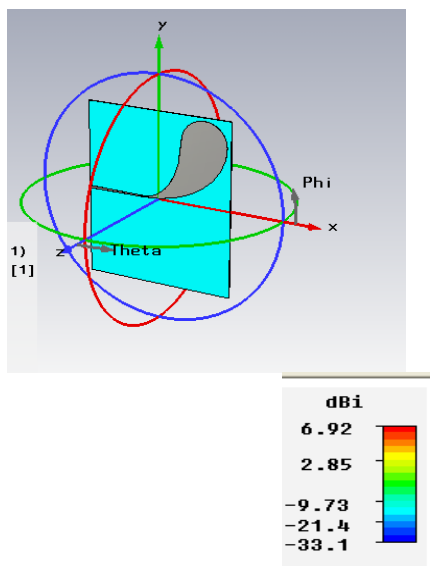
سیم پیچ دو

۵- معرفی مدل سیم پیچ ترانسفورماتور

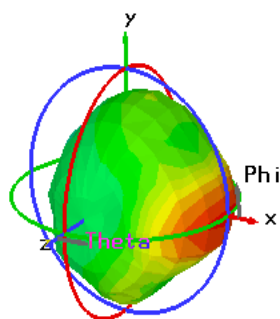
برای آزمایش ایده مطرح شده به جای ترانس واقعی از مدل استفاده می‌شود. علت این امر، به غیر از بحث هزینه، تکرارپذیری آزمایشها و تنوع تغییر شکل‌های ایجاد شده است. در حالیکه در صورت ایجاد تغییر شکل مکانیکی در ترانس واقعی، آزمایش قابل تکرار نیست و میزان تغییر شکل نیز قابل تغییر نمی‌باشد. ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی در ابعاد ترانسفورماتور واقعی بسیار پرهزینه بوده و عملاً امکانپذیر نمی‌باشد. قطعاً با توجه به پیچیدگی‌های ترانسفورماتور و ابعاد آن، مدل طراحی شده بسیار ساده‌تر، در ابعاد کوچک‌تر و به صورت تک فاز ساخته شده است. برای ساختن مدل مهمترین نکته سبکی و داشتن جنس مشابه با سیم پیچ ترانسفورماتور واقعی می‌باشد. همچنین باید از جنس‌هایی که به سهولت قابل شکل‌دهی باشند استفاده شود. به همین دلیل بهترین انتخاب پلکسی‌گلاس است که با لایه‌ای از مس پوشیده شده است. پلکسی‌گلاس به راحتی قابل شکل‌دهی می‌باشد و ساخت مدل از آن ساده‌تر است. از طرفی استحکام لازم برای این کار را دارد.

بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق

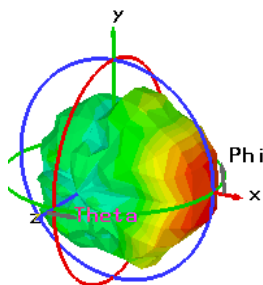
مشخصه پترن آنتن ویوالدی برای فرکانس‌های ۳ و ۶ گیگاهرتز در شکل ۵ آورده شده است. لازم به ذکر است با توجه به زاویه‌های تعریف شده در روی شکل، پترن مورد نظر بدست آمده است.



الف



ب



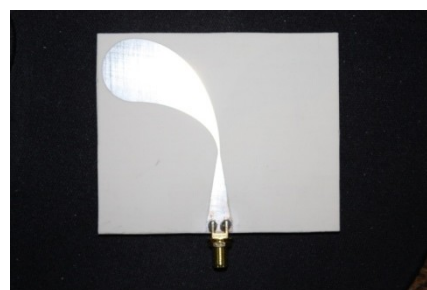
ج

شکل ۵: توزیع میدان در اطراف آنتن الف) نحوه قرارگیری آنتن در مختصات سه بعدی. ب) فرکانس ۳ گیگاهرتز. ج) فرکانس ۶ گیگاهرتز

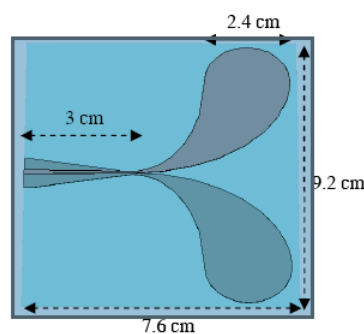
با توجه به شکل ۳-ب که نمایی از بالای مدل سیم‌پیچ ترانسفورماتور است، مشخص است که شیارهای ایجاد شده عمود بر قطر دیسک می‌باشند. بنابراین برای مدل کردن تغییر شکل شعاعی قطاعها مستقیماً به سمت بیرون کشیده می‌شوند.

۵- آنتن ویوالدی

یکی از آنتنهای مناسب برای کاربردهای UWB آنتن ویوالدی می‌باشد [۱۶]. با توجه به اینکه در بحث اندازه‌گیری جابجایی سیم‌پیچ ترانسفورماتور نیاز به پترن باریک (برای جلوگیری از اثرات ناشی از محیط اطراف) با گین بالا می‌باشد از آنتنهای ویوالدی استفاده شده است. فرکانس کار آنتنهای استفاده شده بین ۳ تا ۱۰ گیگاهرتز می‌باشد ولی چون از دستگاه PulsON برای انجام آزمایش‌ها استفاده شده است، از آنتن مذکور در فرکانس ۳.۲ تا ۶.۱ گیگاهرتز استفاده می‌شود. ساختار و ابعاد آنتن استفاده شده به صورت شکل ۴ می‌باشد.



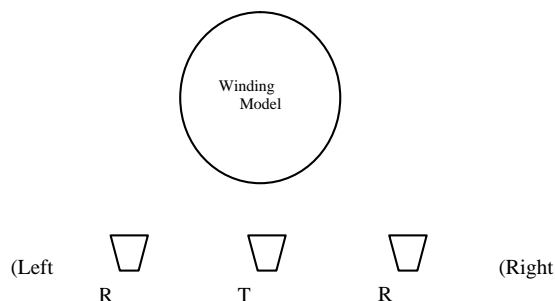
الف



ب

شکل ۴: الف) آنتن ویوالدی ساخته شده ب) ابعاد آنتن

بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق



شکل ۷: نحوه قرارگیری آنتن های فرستنده و گیرنده و مدل سیم پیچ ترانس

اگر یک عیب در سیم پیچ ترانس رخ دهد، دو آنتن گیرنده با فواصل زمانی متفاوت (t_1 و t_2) عیب را می بینند. می توان از این ویژگی استفاده کرد و مکان وقوع عیب را تشخیص داد. با داشتن سرعت انتشار سیگنالها که همان سرعت نور است می توان اختلاف زمانی سیگنالهای دریافتی را به اختلاف فاصله تبدیل کرد. یعنی عیب از دید آنتن گیرنده اول در فاصله x_1 از آنتن گیرنده اول و از دید آنتن گیرنده دوم در فاصله x_2 از آنتن گیرنده دوم قرار دارد. اندازه x_1 و x_2 از رابطه زیر بدست می آیند.

$$x_1 = t_1 \times C$$

$$x_2 = t_2 \times C$$

(۲)

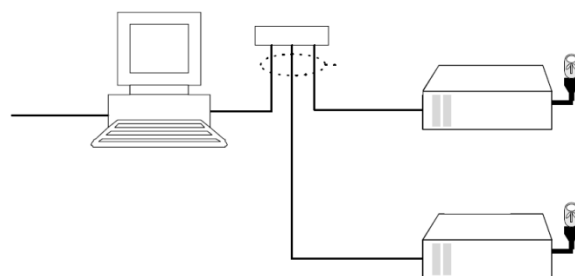
که C سرعت نور و برابر $3 \times 10^8 m/s$ می باشد. بنابراین با داشتن t_1 و t_2 می توان فاصله عیب از دو آنتن گیرنده را بدست آورد. نحوه بدست آوردن t_1 و t_2 در ادامه بیان شده است.

اختلاف فاصله بدست آمده از دید آنتنهای گیرنده است که ثابت هستند. بنابراین برای یک عیب که در یک مکان معینی اتفاق افتاده، اختلاف فاصله از دو نقطه ثابت (آنتن های گیرنده) بدست می آید. مکان هندسی نقاطی که اختلاف فاصله آنها از دو نقطه ثابت مقدار ثابتی باشد یک هذلولی است که کانون های آن آنتنهای گیرنده هستند. معادله هذلولی موردنظر را می توان بدست آورد. اگر مرکز تقارن هذلولی

۷- فرستنده و گیرنده موجهای فرا پهن باند و نحوه انجام

اندازه گیری با آنها

آزمایش های که درحوزه زمان انجام شده است به کمک فرستنده و گیرنده موجهای فرا پهن باند انجام شده است. برای انجام آزمایش ها می توان از اندازه گیری حوزه زمان نتورک آنالیزر یا دستگاه PulsON استفاده نمود. برای انجام اندازه گیریها از یک فرستنده-گیرنده با آرایش بای استاتیک استفاده شده است. فرستنده و گیرنده از طریق یک هاب به رایانه متصل شده اند. شکل ۶ دیاگرام اتصال ستاپ اندازه گیری را نشان می دهد.



شکل ۶: دیاگرام اتصال ستاپ اندازه گیری

۸- الگوریتم تعیین دقیق محل عیب شعاعی با استفاده از

روش هذلولی

در این مقاله هدف این است که با تحلیل سیگنالهای دریافتی بتوان مکان دقیق عیب تغییر شکل شعاعی ایجاد شده در مدل سیم پیچ ترانس را بدست آورد. روشی که برای تشخیص دقیق مکان عیب تغییر شکل شعاعی استفاده شده است بر مبنای مکان هندسی اشکال در فضا است. در یک صفحه مکان هندسی نقاطی که اختلاف فاصله آنها از دو نقطه ثابت مقدار ثابتی باشد هذلولی نام دارد که آن دو نقطه ثابت کانون های آن هذلولی می باشند. در چیدمان موردنظر برای انجام آزمایشها از یک آنتن فرستنده و دو آنتن گیرنده استفاده شده است (شکل ۷).

بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق

گفته شد که برای بدست آوردن هذلولی مربوط به یک عیب، نیاز به اختلاف فاصله از آنتن‌های گیرنده است. نحوه بدست آوردن اختلاف فاصله به صورت زیر است:

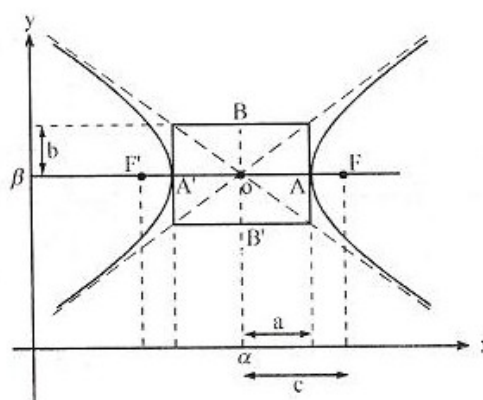
ابتدا در حالت سالم مدل سیم پیچ ترانس آنتن فرستنده سیگنال ارسالی را منتشر می‌کند و توسط دو آنتن گیرنده دریافت می‌شود. سپس یک عیب مشخص در سیم پیچ ترانس رخ می‌دهد. سیگنال‌های دریافتی توسط آنتن‌های گیرنده در این حالت نیز ذخیره می‌شوند. با توجه به فاصله عیب از آنتن گیرنده زمان وقوع اختلاف بین سیگنال‌های عیب و حالت سالم مدل سیم پیچ ترانس متفاوت خواهد بود. می‌توان از اختلاف سیگنال‌های عیب و حالت سالم سیم پیچ ترانس برای بدست آوردن زمان وقوع تغییرات در سیگنال‌های دریافتی استفاده نمود. چون فاصله آنتن‌های گیرنده نسبت به مکان وقوع عیب متفاوت می‌باشد، زمان وقوع تغییرات در سیگنال‌های دریافتی دو آنتن گیرنده یکسان نمی‌باشد. اختلاف زمان وقوع تغییرات از دید دو آنتن گیرنده برای یک عیب مشخص یک عدد ثابت است. می‌توان این اختلاف زمانی را با ضرب در سرعت انتشار سیگنال که سرعت نور است به اختلاف مکانی تبدیل کرد. بنابراین می‌توان گفت که عیب در مکانی است که اختلاف مکانی آن نسبت به آنتن‌های گیرنده (دو نقطه ثابت) عدد ثابتی است. پس عیب روی یک هذلولی قرار دارد که کانون‌های آن آنتن‌های گیرنده هستند و اختلاف فاصله آن از کانون‌های آن برابر اختلاف مکانی بدست آمده می‌باشد. از طرفی عیب روی مدل سیم پیچ ترانس قرار دارد، یعنی روی یک دایره به مرکز سیم پیچ ترانس است. بنابراین می‌توان از تقاطع هذلولی بدست آمده با دایره موجود مکان دقیق وقوع عیب سیم پیچ ترانس را بدست آورد.

با توجه به چیدمان شکل ۸ اگر مبدا مختصات آنتن فرستنده در نظر گرفته شود، معادله دایره مربوط به مدل سیم پیچ ترانس را به صورت زیر نوشت:

$O(\alpha, \beta)$ باشد و هذلولی افقی باشد معادله‌ی آن به صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{(x-\alpha)^2}{a^2} - \frac{(y-\beta)^2}{b^2} = 1 \quad (3)$$

شکل زیر هذلولی مورد نظر را نشان می‌دهد. نقاط F' و F کانون‌های هذلولی هستند و $a^2 + b^2 = c^2$ می‌باشد. اختلاف فاصله یک نقطه روی هذلولی از دو کانون آن (F' و F) برابر $2a$ می‌باشد.



شکل ۸: هذلولی افقی

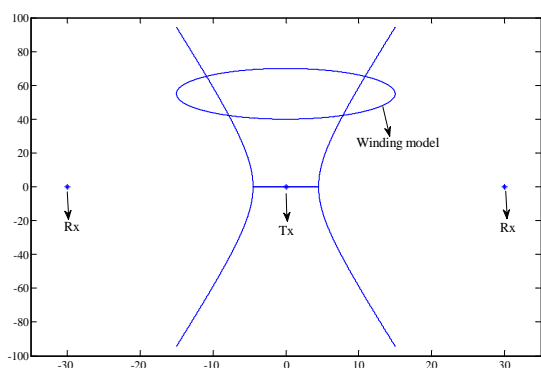
بنابراین متناسب با یک عیب تغییرشکل شعاعی می‌توان یک هذلولی در نظر گرفت که عیب مورد نظر روی یک نقطه از آن قرار گرفته است. همچنین در یک صفحه، سیم پیچ ترانس را می‌توان با یک دایره در نظر گرفت. معادله دایره نیز به صورت زیر می‌باشد.

$$(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 = r^2 \quad (4)$$

که شعاع دایره مدل سیم پیچ ترانس و (x_0, y_0) مرکز آن می‌باشد. عیب تغییرشکل شعاعی نیز روی این دایره قرار دارد. بنابراین نقطه تقاطع هذلولی بدست آمده با دایره ترانس، محل وقوع عیب تغییرشکل شعاعی می‌باشد.

بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق

باید توجه شود که مبدا مختصات مکان آنتن فرستنده می باشد. با قرار دادن y در یکی از معادلات فوق مقدار x نیز بدست می آید. شکل ۹ آنتن فرستنده، آنتن های گیرنده و مدل سیم پیچ ترانس را به همراه دایره و هذلولی بدست آمده نشان می دهد. هذلولی بدست آمده با مدل سیم پیچ ترانس در چهار نقطه تقاطع دارد که دو نقطه که در سمت آنتن ها قرار دارند نقاط قابل قبول می باشد. با توجه به این که آنتن سمت راست یا سمت چپ زودتر اختلاف سیگنال مربوط به عیب را می بیند، یک نقطه قابل قبول بدست می آید.



شکل ۹: نحوه قرار گیری چیدمان آزمایش و هذلولی بدست آمده

۹- آزمایش تشخیص دقیق عیب شعاعی به روش هذلولی

در این بخش، روش پیشنهادی برای تشخیص محل‌های مختلف عیب تغییر شکل شعاعی آزمایش شده است. برای انجام آزمایشها ابتدا مدل سیم پیچ ترانس در حالت سالم یعنی بدون بیرون زدگی قطاع قرار دارد. در این حالت ارسال و دریافت سیگنال‌های ارسالی توسط آنتن فرستنده و گیرنده و دستگاه PulsOn انجام می‌شود. مشخصات سیگنال ارسالی و نحوه پیش پردازش در مرجع [۱۷] آمده است. سپس قطاع ایجاد شده بر روی دیسک که ابعاد آن $۲*۲$ سانتیمتر مربع است بیرون کشیده می‌شود و ارسال و دریافت سیگنال‌ها انجام می‌شود.

$$x^2 + (y-L)^2 = r^2 \quad (5)$$

که L فاصله مرکز مدل سیم پیچ ترانس از آنتن فرستنده است که با اندازه گیری بدست می آید. همچنین r شعاع دیسک های مدل سیم پیچ ترانس است که اندازه آن مشخص است. بر مبنای همین مبدا مختصات، معادله هذلولی را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (6)$$

برای رسم هذلولی به پارامترهای a و b نیاز داریم. اختلاف فاصله یک نقطه روی هذلولی از دو کانون آن (آنتن های گیرنده) برابر $2a$ می باشد. بنابراین با داشتن اختلاف فاصله عیب موردنظر می توان مقدار a را بدست آورد. مقدار a برابر نصف اختلاف فاصله می باشد. با توجه به شکل ۲، c برابر فاصله کانون (آنتن گیرنده) از مرکز هذلولی (آنتن فرستنده) می باشد. بنابراین پارامتر c نیز با اندازه گیری فاصله آنتن فرستنده و گیرنده بدست می آید. با مشخص بودن a و c اندازه پارامتر b با استفاده از رابطه $b^2 = c^2 - a^2$ بدست می آید. بنابراین می توان هذلولی مذکور را رسم کرد. با حل معادلات زیر که از روابط (۴) و (۵) بدست آمده نقطه تقاطع دایره و هذلولی بدست می آید.

$$\begin{cases} x^2 + (y-L)^2 - r^2 = 0 \\ \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

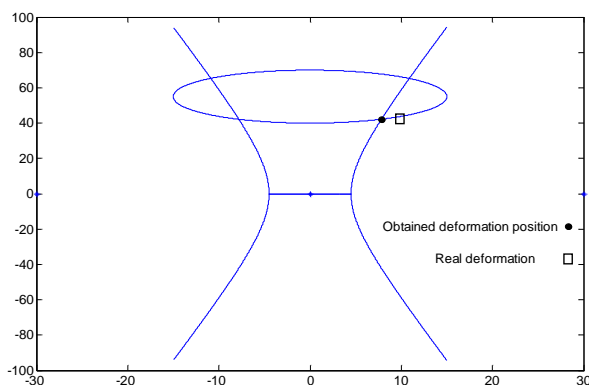
با حل معادله فوق مقدار y به صورت زیر بدست می آید. مقدار بدست آمده برابر مکان عیب در راستای محور y می باشد.

$$y = \frac{-L \pm \sqrt{L^2 - \left(\frac{a^2}{b^2} - 1\right) (r^2 - L^2 - a^2)}}{\left(\frac{a^2}{b^2} - 1\right)} \quad (8)$$

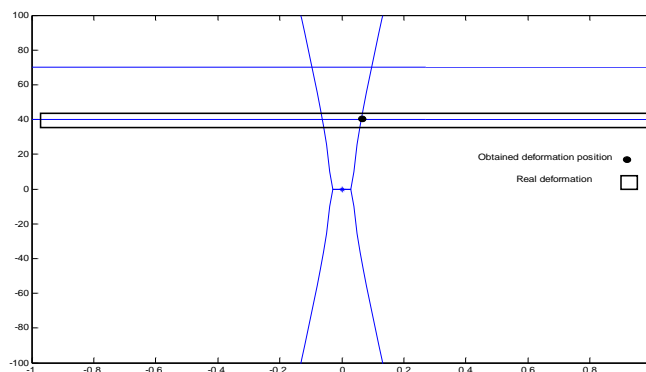
بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق

الف) محل تغییر شکل شعاعی در ناحیه وسط

در این چیدمان محل عیب تغییر شکل شعاعی در ناحیه وسط مدل سیم پیچ ترانس قرار دارد. در این حالت اختلاف زمان شروع تغییرات در سیگنال های دریافتی دو آنتن گیرنده برابر 0.025 نانو ثانیه می باشد. بنابراین اختلاف مکانی برابر 0.76 میلیمتر می شود. با توجه به این اختلاف مکانی بسیار کوچک شکل هذلولی به صورت زیر می شود.



شکل ۱۱: قرار گیری هذلولی بدست آمده نسبت به چیدمان آزمایش



شکل ۱۰: قرار گیری هذلولی بدست آمده نسبت به چیدمان آزمایش

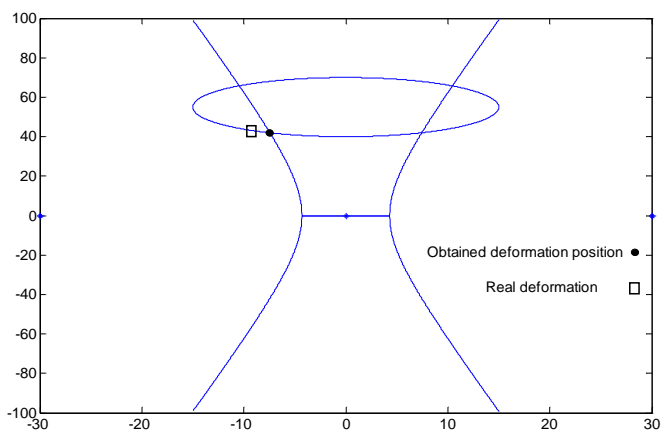
با توجه به شکل مشاهده می شود که محل تقاطع هذلولی و دایره یعنی محل وقوع عیب در 0.15 سانتیمتری از مرکز مدل سیم پیچ می باشد. با توجه به این که عیب در مرکز قرار داشته و اندازه خود عیب نیز 2 سانتیمتر بوده است.

ب) محل تغییر شکل شعاعی در ناحیه سمت راست

در این چیدمان بیرون زدگی قطاع در ناحیه سمت راست (R) است. قابل ذکر است که مکان آنتن ها هیچ تغییری نسبت به قبل نکرده است. در این حالت اختلاف زمان شروع تغییرات در سیگنال های دریافتی دو آنتن گیرنده برابر 2.7 نانو ثانیه می باشد. بنابراین اختلاف مکانی برابر 8.1 سانتیمتر می شود. با توجه به این اختلاف مکانی شکل هذلولی به صورت زیر می شود. با توجه به شکل، محل تقاطع هذلولی و دایره یعنی محل وقوع عیب در 7 سانتیمتری از مرکز مدل سیم پیچ می باشد.

ب) محل تغییر شکل شعاعی در ناحیه سمت چپ

در این چیدمان بیرون زدگی در ناحیه سمت چپ (L) است. در این حالت اختلاف زمان شروع تغییرات در سیگنال های دریافتی دو آنتن گیرنده برابر 3.3 نانو ثانیه می باشد. بنابراین اختلاف مکانی برابر 9.9 سانتیمتر می شود. با توجه به این اختلاف مکانی شکل هذلولی به صورت زیر می شود.



شکل ۱۲: قرار گیری هذلولی بدست آمده نسبت به چیدمان آزمایش

با توجه به شکل مشاهده می شود که محل تقاطع هذلولی و دایره یعنی محل وقوع عیب در 8.7 سانتیمتری از مرکز مدل سیم پیچ می باشد. بنابراین با دقت بالایی مکان عیب درست تشخیص داده شده است.

۱۰- نتیجه گیری

در این مقاله روش جدیدی به صورت تحلیلی برای تشخیص محل عیب شعاعی سیم پیچ ترانس با استفاده از آنتنهای فرایهن باند ارائه شده است. در این روش از یک آنتن فرستنده و دو آنتن گیرنده استفاده شد. با استفاده از اختلاف زمان دریافت پالسها محل دقیق عیب تعیین می شود. نتایج اندازه گیری صحت الگوریتم را تأیید می نمایند.

تقدیر و تشکر

مؤلفین مقاله از حمایت پژوهش حاضر تحت قرارداد شماره ۸۷/۴ مورخ ۸۷/۱۲/۲۴ توسط شرکت برق منطقه ای تهران تشکر می نمایند.

مراجع

- [۷] م. اخوان حجازی، "تشخیص جابجایی و تغییر شکل سیم پیچی ترانس قدرت بوسیله امواج الکترومغناطیسی" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، شهریور ۱۳۸۵، تهران، ایران
- [۸] م. اخوان حجازی، گ. قره پتیان، ع. محمدی " اثر روغن بر مانیتورینگ سیم پیچ ترانسفورماتور به کمک امواج الکترومغناطیسی" PSC2006، آبان ماه ۱۳۸۵، تهران، ایران
- [۹] م. اخوان حجازی، گ. قره پتیان، ع. محمدی " ارائه یک روش نوین جهت تشخیص جابجایی محوری سیم پیچ ترانسفورماتور به کمک امواج الکترومغناطیسی" PSC2006، آبان ماه ۱۳۸۵، تهران، ایران.
- [10] FCC, "Revision of part 15 of the commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission" First Report & order, Et Pocket 98-153, FCC 02-8, Adopted/Released Feb/Apr. 2002.
- [11] I. J. Immoreev, "Main Possibilities and Main Features of Ultra-Wideband (UWB) Radars", Moscow Aviation Institute
- [12] G. Mokhtari, G. B. Gharehpetian, R. Faraji-dana, M. A. Hejazi, "On-line Monitoring of Transformer Winding Axial Displacement Using UWB Sensors and Neural Network", International Review of Electrical Engineering (IREE), Vol. 5, No. 5, October 2010 (ISI-ranked)
- [13] M. A. Hejazi, J. Ebrahimi, G. B. Gharehpetian, R. Faraji-Dana and M. Dabir, "Feasibility Studies on On-line Monitoring of Transformer Winding Mechanical Damage Using UWB Sensors", XIX International Conference on Electrical Machines, ICEM 2010, September 6-8, 2010, Rome, Italy
- [14] G. Mokhtari, M. A. Hejazi and G. B. Gharehpetian, "Simulation of On-line Monitoring of Transformer Winding Axial Displacement Using UWB Waves", XIX International Conference on Electrical Machines, ICEM 2010, September 6-8, 2010, Rome, Italy
- [15] J. Ebrahimi, G. B. Gharehpetian, H. Amindavar and M. A. Hejazi, "Antennas Positioning for On-line Monitoring of Transformer Winding Radial Deformation Using UWB Sensors", 3rd International Power and Energy Conference (PECon), Nov. 29- Dec. 1, 2010, Kuala Lumpur, Malaysia
- [16] Mehdipour, K. Mohammadpour- Aghdam, R. Faraji-Dana, "Complete Dispersion Analysis of Vivaldi Antenna for Ultra Wide Band," Progress In Electromagnetic Research, PIER 77, 85-96, 2007.
- [۱۷] جواد ابراهیمی، گنورک قره پتیان، حمیدرضا امین داور، مریم السادات اخوان حجازی "کاربرد تبدیل ویولت گسسته برای تشخیص برخط تغییر شکل شعاعی سیم پیچ ترانسفورماتور با توجه به اندازه گیری های انجام شده توسط سنسورهای فرایهن باند" PSC 2010، تهران، ایران
- [1] S Tenbohlen et al.: "Experience-Based Evaluation of Benefits of On-line Monitoring Systems for Power Transformers", CIGRE Session 2002, paper 12-110, Paris, 2002.
- [2] J.Christian and K.Feser, "Procedures for Detecting Winding Displacements in Power Transformers by the Transfer Function Method," IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.19, No.1, pp.214-220, Jan. 2004.
- [3] T. Leibfried and K Feser, "Monitoring of power transformers using the transfer function method," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 14, pp.1333-1341, August 2002
- [4] T.Leibfried and K.Feser, "Off-line and On-line Monitoring of Power Transformers using the Transfer Function Method", IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Montreal, Quebec, Canada, June 16-19, 1996, pp.34-111
- [5] T. Leibfried and K Feser, "On-line monitoring of transformers by means of the transfer function method," IEEE Int. Symp. on Electrical Insulation, June 5-8, Pittsburgh, PA USA, 1994.
- [6] Feng LV, Hai-lian DU, Hao Sun, Zhan-feng Wang, Yuan LI "Power Transformer Fault Diagnosis Based on Data Fusion" Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea, July 6-11, 2008

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.